

PAISAGEM E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: um diagnóstico das Bacias Hidrográficas do Rio Paranapanema (SP-PR) e Rio Formoso (MS), Brasil

Eduardo Salinas Chávez

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) Brasil

E-mail: esalinasc@yahoo.com

Leticia Roberta A. Trombeta

Centro Universitario Santanna (Unisant'anna

E-mail: leticiaroberta89@hotmail.com

Rafael Brugnolli Medeiros

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Brasil

E-mail: rafael_bmedeiros@hotmail.com

Resumo

As bacias hidrográficas do sul, sudeste e centro-oeste brasileiro têm na agropecuária importante componente de alteração das paisagens e de impacto sobre os recursos hídricos, elevando a necessidade de abordá-las sob o prisma sistêmico, fundamental para o planejamento e gestão. O objetivo desse artigo foi utilizar dois estudos de caso que são as bacias hidrográficas do rio Paranapanema (PR-SP) e do rio Formoso (MS) para, por meio da cartografia de paisagem, realizar um diagnóstico das unidades de paisagem com as possibilidades desse enfoque holístico e sistêmico para fins de planejamento e gestão de recursos hídricos. Ambos os casos foram trabalhados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica utilizando índices ambientais e geocológicos e sobreposição e cruzamento espacial. Foi apontado que em ambas, as atividades agropecuárias são constatadas e isso resulta, na Bacia do Paranapanema, em uma considerável porção territorial (61%) com alta e muito alta prioridade para a intervenção de medidas mitigadoras, enquanto que na Bacia do Rio Formoso cerca de 60% apresentam algum tipo de esgotamento e alteração das paisagens, o que expõe um panorama preocupante a respeito da conservação e preservação dos recursos naturais. Tais diagnósticos permitiram identificar áreas que necessitam de propostas para minimização dos problemas ambientais, melhoria da qualidade dos recursos hídricos e sustentabilidade geocológica.

Palavras-chave: Cartografia de Paisagem; Planejamento Ambiental; Fragilidade Ambiental; Conservação e Preservação dos Recursos Naturais; Atividades Agropecuárias.

LANDSCAPE AND WATER RESOURCE MANAGEMENT: a diagnosis of the Paranapanema River (SP-PR) and Formoso River (MS) Watersheds, Brazil

Abstract

The watersheds of the south, southeast and central-west of Brazil have in agriculture and cattle ranching an important component of landscape alteration and impact on water resources, raising the need to approach them under the systemic prism, fundamental for planning and management. The objective of this article was to use two case studies, the Paranapanema Basin (PR-SP) and the Formoso Basin (MS) watersheds, to perform a diagnosis of landscape units through landscape cartography with the possibilities of this systemic geographic approach for planning and management of water resources. Both cases were worked in a Geographic Information System using environmental and geocological indexes and spatial overlay and crossing. It was pointed out that in both, farming and cattle raising activities are verified and this results, in the Paranapanema Basin, in a considerable

territorial portion (61%) with high and very high priority for the intervention of mitigating measures, while in the Formoso Basin about 60% present some kind of depletion and alteration of the landscapes, which exposes a worrying panorama regarding the conservation and preservation of natural resources. These diagnoses allowed us to identify areas that need proposals to minimize environmental problems, improve the quality of water resources and geo-ecological sustainability.

Keywords: Landscape Cartography; Environmental Planning; Environmental Fragility; Conservation and Preservation of Natural Resources; Agricultural Activities.

Introdução

A preocupação com a disponibilidade e a qualidade das águas aumentou nas últimas décadas a nível global, de modo que estudos sobre o planejamento e gestão das bacias hidrográficas como sistemas complexos, em que seus componentes naturais e a sociedade se inter-relacionam, são apresentados como uma questão necessária e inevitável para a manutenção da sociedade humana e para alcançar um desenvolvimento sustentável a longo prazo. É por tal razão que é apontado neste artigo o uso da concepção sistêmica e holística das paisagens para o manejo das bacias, o que permitirá, por meio da realização do diagnóstico das paisagens, delimitar e mapear suas unidades no interior das bacias, além de estabelecer as bases adequadas para seus planejamento e manejo.

O estudo das bacias hidrográficas passou, desde a segunda metade do século passado, de ser uma mera descrição e análise de suas características hidroclimáticas, abordando-a com um enfoque integrado e sistêmico, embasado na relação existente entre a sociedade e natureza, o que sustenta a consideração da bacia hidrográfica como uma unidade fundamental para a gestão do território, a otimização dos múltiplos usos dos recursos naturais e humanos e o desenvolvimento sustentável em nosso Planeta (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2011; CARVALHO, 2014).

A partir da década de 1990 as bacias hidrográficas passaram a ter uma maior importância como unidades de análise para o planejamento ambiental, com isso, a gestão de recursos hídricos ganhou maiores proporções sobretudo a partir dos princípios de Dublin, em que ficou acordado durante a Rio-92, que a gestão seja efetiva, integrada e que englobe as características físicas e socioeconômicas das bacias hidrográficas (WMO, 1992), adotando ainda o conceito de sustentabilidade. Na mesma década, a Lei n. 9.433/1997 trouxe ao Brasil um sistema de gestão de recursos hídricos avançado na época. Por mais que seja de difícil aplicação, visto as diferenças políticas e institucionais em uma mesma bacia hidrográfica, bem como as suas múltiplas escalas e fenômenos espaciais, sua definição como unidade de

gestão integrada das águas permitiu avaliar de forma sistêmica as ações antrópicas sobre o ambiente e suas conseqüências para seu equilíbrio hidrológico.

Neste contexto, as bacias hidrográficas são consideradas unidades básicas para a análise ambiental em que ótica sistêmica e integrada está implícita (ROSS, DEL PRETE, 1998; LEAL, 2012; DRAKE, HOGAN, 2013), o que representa um nível mais profundo de análise deste espaço geográfico, relacionando com o planejamento e gestão do território (MACHADO, 2013).

Para cumprir com o objetivo principal desse trabalho, que é analisar a proposta metodológica da paisagem como fundamento para o planejamento e gestão das bacias hidrográficas, optou-se por apresentar o caso de dois estudos em que, com algumas diferenças, tem praticado o diagnóstico das unidades de paisagem por meio de suas diferenciação, classificação e cartografia prévia. São elas: a Bacia Hidrográfica do rio Paranapanema, que faz fronteira entre os estados de São Paulo(SP) e Paraná (PR); e a Bacia Hidrográfica do rio Formoso, localizada no estado de Mato Grosso do Sul(MS).

Apesar das diferenças inerentes à localização geográfica dessas bacias hidrográficas e de seus componentes, ambas apresentam um ponto em comum e talvez o mais importante: são dotadas de modelos econômicos ligados à agricultura com as lavouras de soja, e a pecuária. Esse fato faz com que tais modelos se choquem aos propósitos de conservação e preservação ambiental, especialmente diante do incentivo público ao desenvolvimento agropecuário nessas regiões. Nesse contexto, ambas apresentam retiradas massivas de vegetações nativas, processos erosivos em pleno desenvolvimento, degradação dos recursos hídricos, entre vários outros problemas que impactam sobre a paisagem e a gestão das águas.

As paisagens e as bacias hidrográficas

Tratar as bacias hidrográficas enquanto unidades de estudo é um ponto chave para a compreensão da importância que os recursos hídricos exercem sobre esse sistema ambiental. As características das bacias são conseqüência das manifestações de seus componentes, suas interações físicas e socioeconômicas e seus processos dinâmicos. Logo, são nos recursos hídricos que se encontram os resultados dessas interações.

Existem muitas definições de bacia hidrográfica, porém em geral todas tem aspectos em comum que estão relacionados à *complexidade*; em constituir uma unidade territorial com limites espaciais bem definidos; *independência relativa*; por possuir uma relação dinâmica

entre seus componentes, sejam eles naturais e/ou sociais; *funcionar como um sistema aberto* em que ocorre a entrada e saída de matéria e energia, capazes de serem mensurados a partir do fluxo das águas; e por *constituir um tipo especial de sistema ambiental ou geossistema*, composto pelas relações dinâmicas que ocorrem entre a sociedade e a natureza (MATEO, SILVA, LEAL; 2011; PRAÇA DE SOUZA, 2013; DANILO et al., 2019).

Diante das bacias hidrográficas possuírem tais características, como a combinação dinâmica entre seus componentes, a utilização da concepção geocológica a partir do diagnóstico das paisagens torna-se um enfoque apropriado para estabelecer uma articulação sistêmica entre os elementos que a constituem (COTLER, PRIEGO, 2007; FAVERO, NUCCI, DE BIASSI, 2007; FROLOVA, 2008; SILVA, MATEO, 2014).

Pode-se considerar a paisagem nessa conjuntura como:

[...] um sistema espaço-temporal complexo e aberto que se origina e evolui na interface sociedade-natureza, composto por elementos naturais e antrópicos que se expressam pela estrutura, funcionamento, dinâmica e evolução próprias, o que lhe confere uma integridade e limites espaciais, constituindo uma associação de elementos e fenômenos em constante e complexa interação, movimento e intercâmbio de energia, matéria e informação. (SALINAS et al., 2019, p.14, **tradução nossa**).¹

Portanto, para o planejamento e gestão das bacias hidrográficas, a delimitação, classificação e mapeamento das paisagens como unidades relativamente homogêneas, permite caracterizar os componentes naturais e sociais, estabelecendo sua adequação para suportar as diversas atividades econômicas e sociais, com suas exigências e limitações, buscando um equilíbrio com a água como recurso e como um componente essencial da paisagem e da vida.

Muito tem sido escrito sobre a delimitação, classificação e cartografia das paisagens em várias escalas e contextos, que é coletado em publicações dos autores Salinas, Ramón (2013), Salinas et al. (2013), Salinas et al. (2019), entre outros. A análise da literatura consultada sobre o uso da abordagem integradora das paisagens como base para o planejamento e gestão de bacias hidrográficas nos permite estabelecer que alguns trabalhos só analisam essa temática de forma teórica (FROLOVA, 2008; DAS NEVES, MACHADO, 2013; SILVA, MATEO, 2014), sem apresentar uma proposta para seu uso em bacias hidrográficas. Em outros casos, o uso das paisagens ou geossistemas é mencionado como base do estudo, porém, apenas a análise da vegetação, uso e cobertura do solo ou fragilidade

ambiental é realizada, sem fazer um mapa de paisagens ou geossistemas (BASTOS, 2007; CORREA, PIMENTEL, 2015; BOIN, PRADO, 2016).

Finalmente encontra-se um número maior de trabalhos que apresentam mapas de paisagem ou geossistemas, feitos tomando como abordagem o Sistema GTP (*Geossistema-Território-Paisagem*) de Bertrand, a concepção russa sobre geossistemas, ou alguns outros que têm como objetivo estabelecer recomendações para a conservação da natureza, transformação da paisagem e sustentabilidade (FAVERO, NUCCI, DE BIASI, 2007; OLIVEIRA DE SOUZA, 2014; ROMANINI, TERUMI, DOS SANTOS, 2016), ou para fundamentar a proposta de gestão ambiental de tais bacias hidrográficas (COTLER, PRIEGO, 2007; BRITO et al., 2018; TROMBETA, 2019; GARCÍA-RIVERO et al., 2019; SALINAS, TROMBETA, LEAL, 2020).

Por outro lado, apenas algumas das obras revisadas utilizam o diagnóstico da paisagem como base para a proposta de planejamento e gestão da bacia hidrográfica, recomendando os usos e medidas mais apropriados para seu desenvolvimento (RUIZ et al., 2010; RAMÓN, SALINAS, ACEVEDO, 2012; MIRAVET et al., 2014; ROMANINI, TERUMI, DOS SANTOS, 2016; TROMBETA, 2019; GARCÍA-RIVERO et al., 2019; BRUGNOLLI, 2020).

Diagnóstico das paisagens para planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas

O diagnóstico geocológico ou das paisagens se constitui uma etapa importante nas investigações geocológicas, em que são sintetizados os resultados obtidos nas análises das propriedades das paisagens, suas possibilidades de utilização e os problemas derivados de seu uso atual. Nesta etapa são avaliados também os problemas ambientais que determinam o estado geocológico das unidades de paisagem e as relações causa/efeito/consequência sobre as mesmas (HAASE, HAASE, 2002; MATEO, SILVA, 2018) O termo "diagnóstico da paisagem" foi originalmente cunhado na década de 1950 por Lingner e Carl, na Alemanha Oriental, sendo ampliado e complementado posteriormente por outros autores alemães e russos (MANNSFELD, 1985; HAASE, 1990; GLUSHKO, ERMAKOV, 1988). Atualmente, seu conceito se vincula a um sistema de ferramentas e métodos que são necessários para fornecer uma avaliação da paisagem com vistas a cumprir as necessidades dos seres humanos, em que seu principal objetivo é determinar a capacidade destes para atender aos requisitos

sociais, de modo a definir limites e limiares para proteger as condições naturais e aumentar sua capacidade de prover bens e serviços.

O diagnóstico é derivado dos resultados da análise da paisagem que identifica a estrutura, funcionamento, dinâmica e evolução destes, possibilitando a quantificação e a qualificação dos fatores antrópicos que podem incidir no uso das paisagens, de modo a determinar os tipos mais apropriados de utilização da natureza, os impactos geoecológicos, seus efeitos e conseqüências, além de servir como ponto de partida para o prognóstico de seu desenvolvimento e a proposta de uso dos mesmos (BASTIAN, KRONERT, LIPSKY, 2006; MATEO, SILVA, 2018).

O diagnóstico das paisagens pode então ser definido como:

[...] a determinação das condições das paisagens para cumprir eficientemente as funções sociais para as quais são necessárias, levando em conta suas características geoecológicas, a eficiência atual destas (relação uso potencial/uso atual), a pressão e o impacto que tais atividades atuais ou futuras podem causar nas paisagens, bem como os riscos naturais e antrópicos de usos atuais e futuros sobre as mesmas, com a intenção de conseguir o uso adequado das paisagens (adequação de uso) e a disponibilidade espacial de recursos (disponibilidade espacial). (HAASE, HAASE, 2002, p. 120-121, traduzido e modificado para o espanhol por SALINAS, 2021, **tradução nossa**).²

O diagnóstico das paisagens ou diagnóstico geoecológico, então, constitui a base para estabelecer uma avaliação do impacto humano sobre o meio ambiente, o caráter e o grau de transformação do território pelas atividades sociais e econômicas (GLUSHKO, ERMAKOV, 1988; GAGARINOVA, KOVALCHUK, 2010; MATEO, 2011; MIRAVET et al., 2014).

Diante disso, deve-se realizar, segundo Mateo et al. (2017), Bastian et al. (2006), Ruiz, Delgado (2012), La O et al. (2012) e Miravet et al. (2014), cinco tarefas fundamentais: a) avaliar o potencial de uso das terras para as distintas atividades socioeconômicas que se desenvolvem ou aquelas que se pretende desenvolver; b) considerar a eficiência na utilização das paisagens (potencial *versus* uso atual); c) identificar os riscos e problemas ambientais; d) avaliar o estado geoecológico das paisagens; e) realizar o diagnóstico integrado das paisagens.

Por outro lado, alguns autores mencionam o diagnóstico ambiental como sinônimo de diagnóstico da paisagem ou geoecológico, sendo possível apontar como diferença fundamental, que os diagnósticos ambientais são realizados de várias maneiras, como: a

análise da dinâmica do uso do solo (TONIAL et al., 2005); a análise da qualidade de alguns dos elementos que constituem as paisagens, como a qualidade da água ou do solo (BRUGNOLI et al., 2020); através do estudo da fragilidade ambiental (FERREIRA et al., 2018); ou da análise de alguns componentes da paisagem separadamente, principalmente geologia e relevo (MIRANDA, 2013; FEITOSA et al., 2021), entre outros.

Já os diagnósticos da paisagem ou geoecológicos são feitos a partir de um mapa de unidades de paisagem delimitadas, classificadas e mapeadas de acordo com diferentes abordagens e baseadas na caracterização e análise da paisagem, servindo para desenvolver a previsão e o modelo de desenvolvimento futuro no âmbito do planejamento ambiental e territorial (LA O et al., 2012; TROMBETA, 2019; MATEO, SILVA, 2018).

Para realizar o diagnóstico de paisagens muitos métodos podem ser utilizados, tais como: a análise da relação entre problemas/qualidade ambiental; e a coerção na determinação do estado ambiental do território através do uso de indicadores geoecológicos selecionados ou mesmo na avaliação dos impactos (BOLLO, VELAZCO, 2018; TROMBETA, 2019; GARCÍA et al., 2019). No entanto, a maioria das propostas metodológicas para realizar este diagnóstico de paisagens é fundamentada no uso de:

- Indicadores baseados na análise da estrutura horizontal das paisagens, como a diversidade, complexidade, singularidade etc.
- Indicadores que refletem a ação antrópica em paisagens, como a naturalidade (MACHADO, 2004), o Coeficiente de Transformação Antropogênica (KAN), (MATEO, 2011), o Índice de Antropização da Cobertura Vegetal (PRIEGO et al., 2004) e a sensibilidade das paisagens a partir do potencial e estabilidade tecnogênica das mesmas, entre outros.
- Indicadores que avaliam a eficiência no uso de paisagens, como a compatibilidade de uso através da comparação entre seu uso potencial e seu uso atual.
- Indicadores que avaliam a pressão humana sobre as paisagens e os possíveis riscos devido ao uso atual ou futuro, como a capacidade de carga, fragilidade ambiental etc.
- Indicadores que avaliam o cumprimento de funções específicas em paisagens, como a qualidade e disponibilidade da água, qualidade do solo etc.

Em muitas ocasiões pode ser utilizada uma combinação dos indicadores previamente apresentados ou o cálculo de um índice agregado elaborado a partir destes, dando pesos diferenciados a cada um deles de acordo com diversos métodos, tais como: oficinas de especialistas, hierarquia analítica (SAATY, 1988) ou as recentes técnicas de Análise

Multicritério de Decisão (AMD), associada à Análise Hierárquica de Processo (AHP), apoiadas pelo uso de Sistemas de Informação Geográfica.

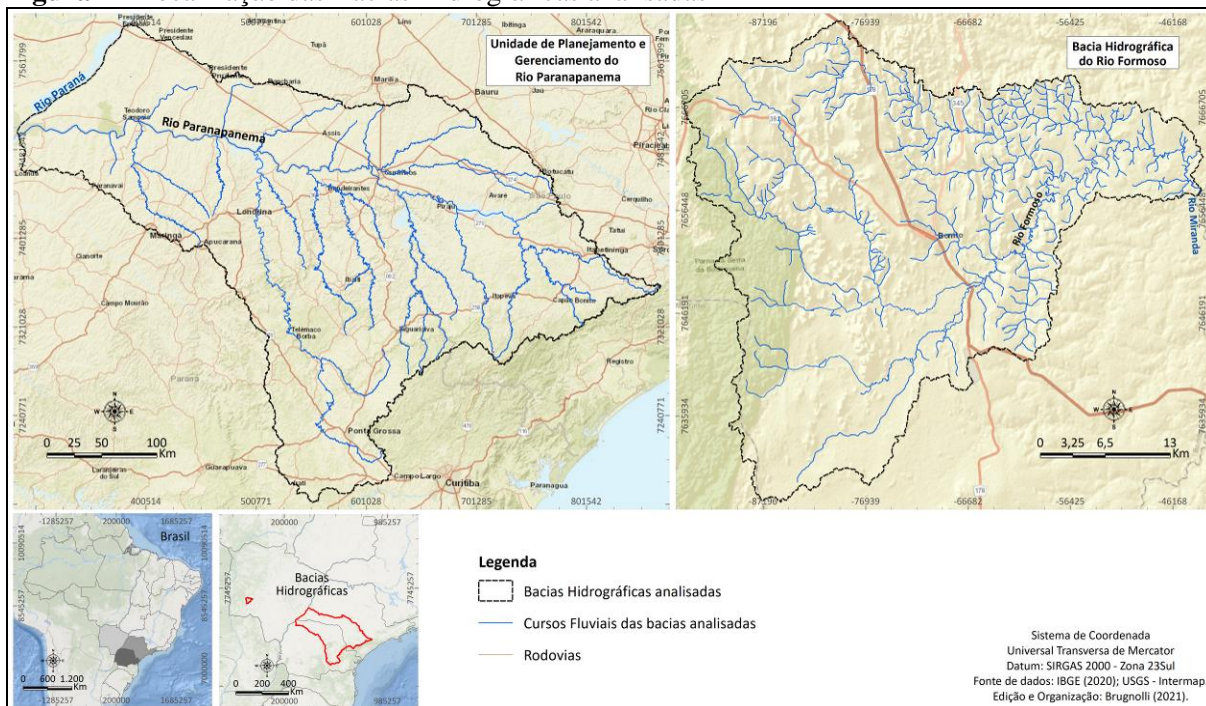
Áreas de estudo

O diagnóstico das paisagens ainda não foi amplamente utilizado em pesquisas sobre paisagens na Geografia no Brasil, portanto, neste artigo apresentamos dois estudos de caso em duas bacias completamente diferentes (Figura 1) que são a bacia do rio Paranapanema, que faz parte da bacia do Paraná, localizada entre os estados de São Paulo e Paraná, com uma grande extensão geográfica, grande diversidade de suas paisagens e uma longa história de ocupação humana e uso do solo. A bacia está inserida há décadas em uma economia baseada no agronegócio, com uma importante população humana em várias cidades, o que condiciona uma grande pressão sobre seus recursos naturais, especialmente a água.

E a bacia do rio Formoso, no município de Bonito, Mato Grosso do Sul, uma pequena bacia localizada no contato entre um maciço de antigas rochas calcárias constituídas pela Serra da Bodoquena e seus arredores, em parte com um relevo cárstico muito característico e infrequente no Brasil, e uma planície ondulada ao leste, desenvolvida sobre rochas terrígenas, com uma assimilação mais recente pela atividade pecuária e agricultura e um importante desenvolvimento do turismo de natureza associado às águas cristalinas provenientes das rochas calcárias e suas paisagens.

Nota-se que em comum, apenas o modelo econômico voltado à agropecuária, uma já antiga e consolidada (Paranapanema), a outra em plena expansão e consolidação (Formoso). Casos que possibilitam a criação de um mapa de unidades de paisagem utilizando vários indicadores geocológicos e ambientais, foi realizado um diagnóstico dos mesmos a fim de propor as melhores opções para a gestão e conservação de seus recursos naturais, especialmente a água.

Figura 1 - Localização das Bacias Hidrográficas analisadas



Fonte: Autor (2021)

Diagnóstico das paisagens da bacia hidrográfica do Rio Paranapanema (SP/PR)

A bacia hidrográfica do rio Paranapanema está inserida nos estados de São Paulo e Paraná, sendo formada por seis Unidades de Gestão de Recursos Hídricos: Alto Paranapanema; Médio Paranapanema; Pontal do Paranapanema (no Estado de São Paulo); e Norte Pioneiro; Pirapomena; e Tibagi (no Estado do Paraná).

Esta bacia constitui uma área de grande relevância na questão hídrica, geração de energia e pela população de aproximadamente 5,1 milhões de habitantes (IBGE, 2010) que residem em 247 municípios, dos quais 115 estão inseridos no Estado de São Paulo e 132 no Estado Paraná, com 1,9 milhões e 3,2 milhões de pessoas, respectivamente. Essa bacia pertence a região hidrográfica do rio Paraná, com uma área de 106,5 mil km², tendo como seu rio principal o Paranapanema, que serve de limite administrativo entre os dois estados.

A litologia da área é muito diversa e composta, em grande parte, por arenitos, basaltos, diabásios, algumas porções de argilitos, folhelhos, monzogranitos, além de algumas outras rochas metamórficas, como filito, ardósia, xisto, mica xisto, gnaiss, mármore, bem como depósitos aluvionares em algumas planícies de inundação.

A bacia do Paranapanema apresenta diferenças altimétricas significativas, com áreas mais baixas a mediamente altas de 200 a 700 m, principalmente na vertente paulista, com exceção do alto curso do Médio Paranapanema que compreendem áreas mais altas. A vertente

paranaense apresenta altitudes mais elevadas, sobretudo na Unidade de Gestão Tibagi e na porção sul do Norte Pioneiro.

A declividade mostra que grande parte da bacia apresenta vertentes abaixo de 8%, principalmente em direção à foz do rio Paranapanema na vertente paulista e na Unidade de Gestão Piraponema. As porções com maiores declives estão na vertente paranaense da bacia hidrográfica, no alto curso das unidades de gestão Alto Paranapanema e Norte Pioneiro e médio curso da Tibagi.

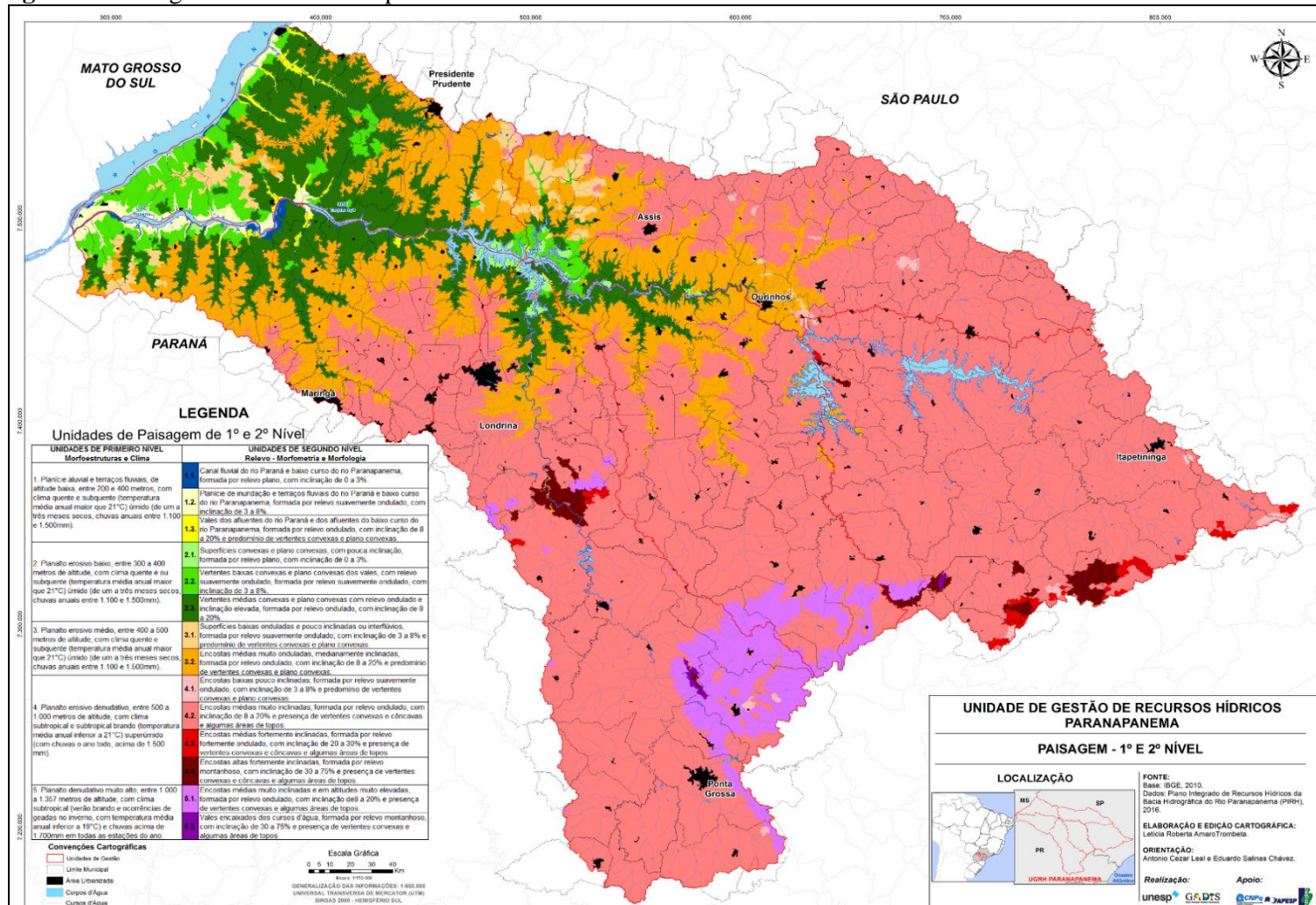
O clima da bacia varia de oeste a leste, das partes mais baixas para as mais altas, sendo o: Tropical Quente Úmido no baixo curso do rio Paranapanema e nas proximidades da margem do rio Paraná; Tropical Subquente Úmido na maior parte do centro e no oeste; Subtropical Brando Superúmido no sudeste; e Subtropical Superúmido na área sul, em que estão localizadas as altitudes mais elevadas (CHAPLE, MATEO, 2009).

A partir da diversidade das rochas, relevo e clima, existem vários tipos de solos, a maioria bem desenvolvidos como os latossolos e argissolos. Além disso, também tem a presença de nitossolos, neossolos, gleissolos, cambissolos e alguns afloramentos rochosos.

É notável o predomínio de culturas temporárias de maneira fragmentada por toda a bacia hidrográfica e bastante concentrada no médio e baixo curso, principalmente cana-de-açúcar, milho, soja e trigo, as quais utilizam grandes volumes de água na sua produção, impactando a disponibilidade para outros usos. A pastagem também é comum em toda a bacia, sobretudo no baixo curso. São encontrados alguns fragmentos de vegetação nativa dispersos no território, principalmente do bioma Mata Atlântica, apresentando riqueza florística e de fauna. As áreas urbanas estão por toda a bacia hidrográfica, demandando grande volume de água para manutenção das atividades humanas.

A bacia hidrográfica do rio Paranapanema apresenta uma estrutura de relevo complexa, que se combina com condições climáticas diversas, uma ampla diversidade litológica, de solos e de uso e cobertura da terra, o que condiciona sua diferenciação em 5 (cinco) unidades de paisagens de primeiro nível, 14 (quatorze) de segundo, 27 (vinte e sete) de terceiro e 87 (oitenta e sete) de quarto nível. Pela dificuldade de representar toda esta informação neste artigo, mostramos na Figura 2, o Mapa de Paisagem de 1º e 2º nível, o qual apresenta as áreas de planícies de inundação e terraços fluviais ao longo dos principais cursos d'água, planaltos que variam de acordo com suas altitudes e declividades, com predomínio de vertentes convexas e plano convexas e algumas áreas de topos nas áreas mais elevadas da bacia hidrográfica.

Figura 2 - Paisagens da bacia Paranapanema



Fonte: Trombetta (2019).

Com base no mapa de paisagem da bacia Paranapanema, foram aplicados alguns indicadores para o diagnóstico dessas paisagens, e a obtenção do Índice de Paisagem para Gestão de Bacias Hidrográficas (TROMBETA, 2019).

A **diversidade da paisagem** foi obtida a partir do índice de Diversidade de Shannon-Weaner, baseado no estudo de Baev e Lyubomir (1995), que calcula a diversidade dos tipos de unidades inferiores em cada unidade superior, representando isso a heterogeneidade da paisagem, a riqueza das unidades fisionômicas e sua distribuição espacial.

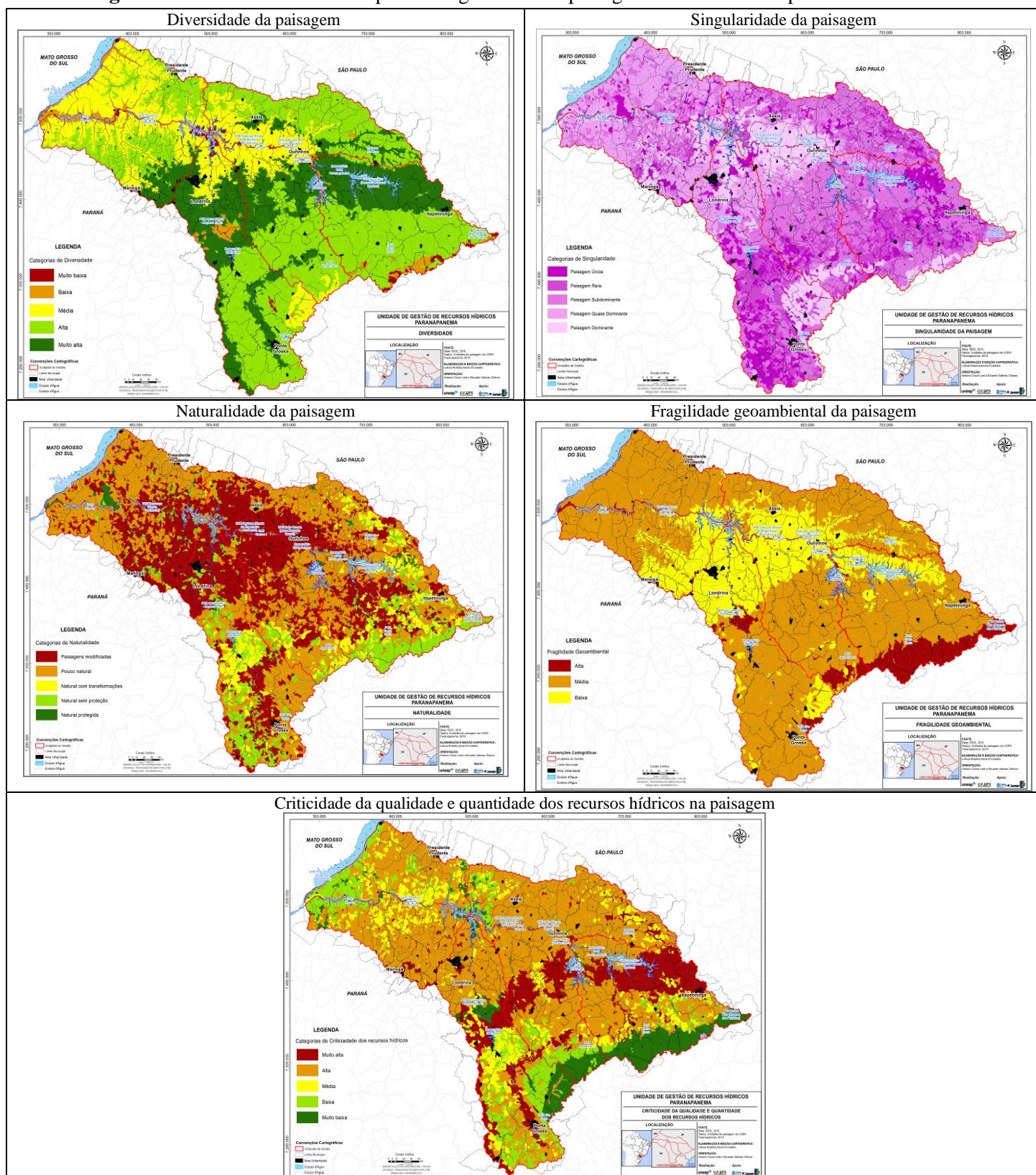
O **índice de singularidade** foi baseado em Mateo (2011), com a quantificação do número de polígonos para cada unidade maior. Quanto maior a quantidade de entidades, maior e a dominância da paisagem.

O **índice de naturalidade** foi utilizado para analisar o estado de conservação de diferentes unidades territoriais, podendo estas serem áreas de conservação ou não, sendo definido a partir da presença de fragmentos de vegetação nativa dentro e fora de unidades de conservação.

A **fragilidade geoambiental** das unidades de paisagem foi obtida a partir do cruzamento espacial das unidades da paisagem e mapeamento realizado para a bacia Paranapanema por Moroz-Caccia Gouveia et al. (2014), considerando o grau de fragilidade em maior quantidade na unidade, classificando-os em três categorias: alta, média e baixa fragilidade.

E por fim, o índice referente aos recursos hídricos, elaborado a partir da informação de criticidade da qualidade e quantidade por ortobacias e a recorrência de bacias hidrográficas indicadas a partir de consulta pública sobre áreas prioritárias, a partir do levantamento do PIRH Paranapanema (ANA, 2016). As geometrias dessas três variáveis foram unidas e correlacionadas com as unidades de paisagem, a fim de verificar a sobreposição espacial e porcentagem de recobrimento, como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 - Indicadores utilizados para o diagnóstico das paisagens na bacia Paranapanema.



Fonte: Trombetta (2019), modificado pelo Autor (2021).

A partir desses indicadores, se elaborou um índice agregado baseado na moda dos 5 (cinco) indicadores utilizados, denominado Índice de Paisagem para Gestão de Bacias Hidrográficas (IPGBH), segundo a fórmula:

$$\text{IPGBH} \longrightarrow \text{Mo} = \{D, S, N, F, \text{RH}\}$$

Onde:

IPGBH = Índice de Paisagem para Gestão de Bacias Hidrográficas;

Mo= Moda

D = Classe de Diversidade;

S = Classe de Singularidade;

N = Classe de Naturalidade;

F = Classe de Fragilidade Geoambiental;

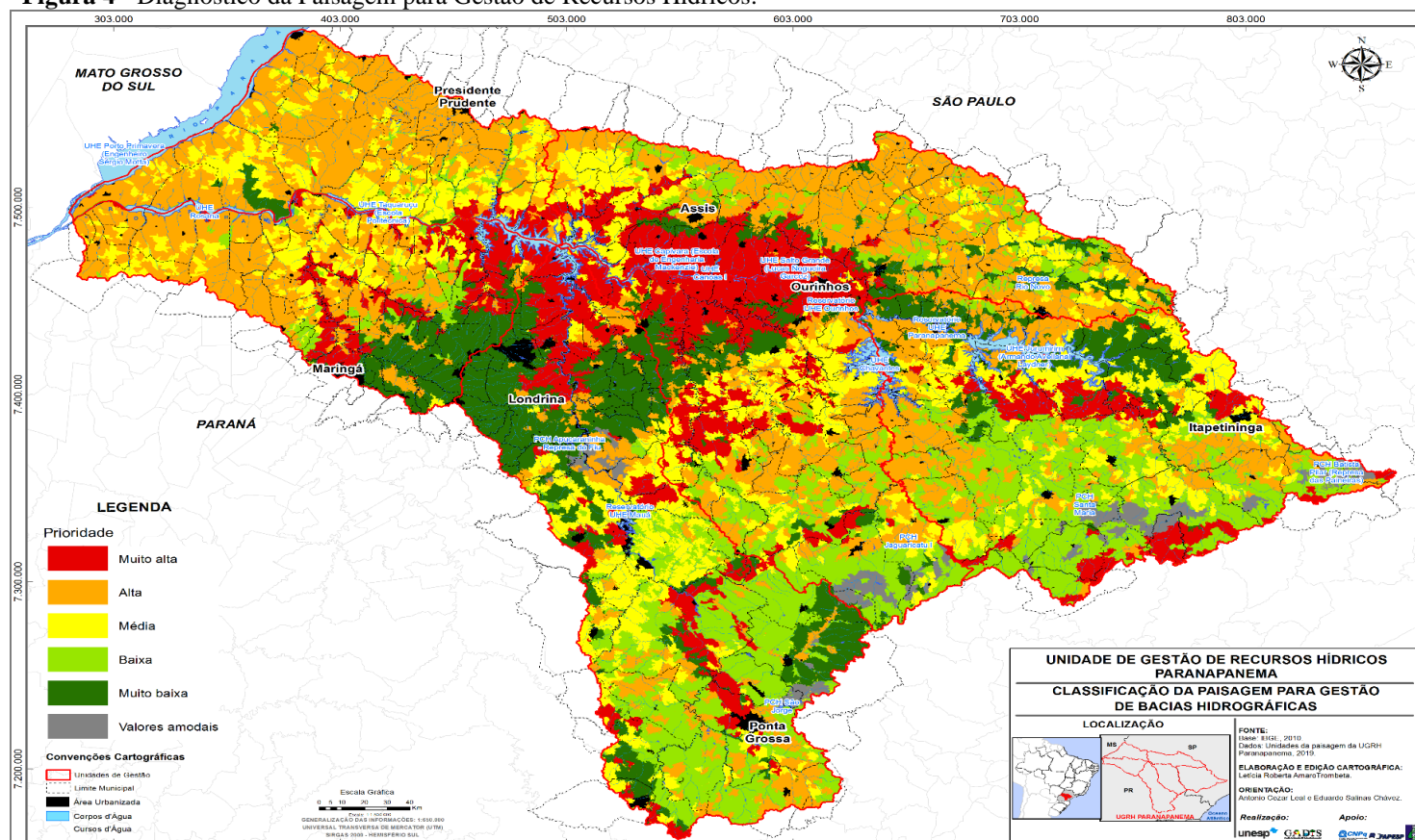
RH = Classe da criticidade da qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

Esse índice foi construído pensando, principalmente, na sua utilização para identificação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à produção dos recursos hídricos, para as quais foram identificadas valores modais mais altos (5 e 4), a partir do cruzamento espacial dos cinco índices, interpretando-as como a categoria de "Muito Alta prioridade" sendo aquelas que possam apresentar diversidade da paisagem Muito Baixa, dominante de paisagens modificadas, com alto grau de fragilidade e criticidade muito alta na qualidade e/ou quantidade dos recursos hídricos Muito Alta, conforme apresenta a Figura 4.

Com isso, notadamente, uma porção significativa do território da bacia do rio Paranapanema tem Alta prioridade (46,1%) para intervenção com medidas que melhorem a qualidade ambiental e, conseqüentemente dos recursos hídricos. Juntas as áreas de Muito Alta prioridade (14,9%) e Alta prioridade representam aproximadamente 61% da bacia hidrográfica (TROMBETA, 2019).

Segundo essa autora, é notável que embora a bacia hidrográfica apresente um cenário bastante preocupante, ainda existem muitas áreas com paisagens de boa qualidade e que necessitam serem protegidas, sendo 32,5% de Baixa e Muito Baixa prioridade. Por isso, torna-se necessário um olhar da gestão também para essas áreas, justamente para evitar processos de degradação em curto e médio prazos. E 18,3% da bacia Paranapanema tem paisagens com Média prioridade para a gestão.

Figura 4 - Diagnóstico da Paisagem para Gestão de Recursos Hídricos.



Fonte: Trombeta (2019).

Diagnóstico das paisagens da bacia hidrográfica do Rio Formoso

A Bacia Hidrográfica do rio Formoso inserida no município de Bonito em Mato Grosso do Sul tem uma abrangência de 1.324,67 km²e apresenta as nascentes de seus principais mananciais na Serra da Bodoquena, um importante reservatório cárstico subterrâneo que drena suas águas para as áreas à leste, que no caso compreende a bacia. O rio Formoso percorre aproximadamente 97,27 km até sua foz e tem suas características profundamente ligadas aos elementos estruturais do substrato, com extensas áreas de planícies restritas em que os mananciais percorrem entalhados no relevo, exibindo diversas cachoeiras, corredeiras e uma grande beleza cênica devido a translucidez, fatos que elevam sua atratividade turística (BRUGNOLLI et al.,2020). Ao passo que no baixo curso tem-se mananciais meandantes, com velocidade reduzida e aumento da turbidez diante da confluência com outros mananciais que percorrem rochas terrígenas.

Essa dinâmica é inerente à presença de um substrato ligado às rochas carbonatadas (sistema cárstico) no alto e médio curso, que desempenha papel central na esculturação do relevo, originando formas típicas, endocársticas e exocársticas. Em regiões de clima tropical e úmido, como Bonito, o poder de dissolução se desenvolve de maneira acelerada (CHRISTOFOLETTI, 1980; ZAVATINI, 1992; BIGARELLA, BECKER; SANTOS, 1994; TRAVASSOS, 2019; KOHLER, 2012).

A diversidade geológica estabelece níveis altimétricos claros do relevo. Em um primeiro nível (atingindo cotas de 740 metros) está o maciço rochoso da Serra da Bodoquena, em que o relevo dissecado com solos frágeis é destaque em meio a vegetação florestal. Há uma predominância de rochas calcários calcíticos e dolomíticos que se destacam por serem solúveis, com inúmeras fendas e fissuras que facilitam a drenagem vertical, formando lagos subterrâneos, sumidouros, abismos, dolinas, entre outras feições cársticas superficiais e subterrâneas (BRUGNOLLI, 2020).

Em um segundo patamar altimétrico nota-se uma mudança na paisagem em que há um conjunto de morros residuais e/ou morros residuais isolados que têm, nas suas bordas, extensas áreas de poljes derivadas da dissolução química das rochas carbonatadas. Essas regiões apresentam um relevo extremamente plano, mas fértil, o que favorece a entrada das lavouras, pelas facilidades impostas pelo relevo e solo fértil: latossolo, nitossolo, argissolo e chernossolo, com cultura da soja (GILLIESON; THURGATE, 1999; VAN BEYNEN e VAN BEYNEN, 2011; VAN BEYNEN, BRINKMANN e VAN BEYNEN, 2012).

Na região central da bacia ocorre uma divisão dos ambientes, em que o sistema cárstico do alto e médio curso dá lugar ao sistema terrígeno em parte do médio e baixo curso. Com isso, há uma alteração nítida do relevo e dos demais componentes da paisagem. Iniciando, assim, o último patamar altimétrico em que há um predomínio de arenitos, quartzitos e, próximo à foz do rio Formoso e nas planícies, os depósitos de areia e cascalho. Essas áreas exibem uma extensa porção territorial em que as pastagens são destaque, com um predomínio de um relevo suave ondulado com solos profundos e bem drenados (latossolos).

As paisagens da bacia apresentam características que estão diretamente relacionadas aos processos hidrogeoquímicos cársticos, que originaram uma formidável paisagem de contrastes entre os patamares mais elevados (serras alongadas e morros residuais) e patamares reduzidos (poljes e superfícies aplainadas a suavemente onduladas), (Figura 5).

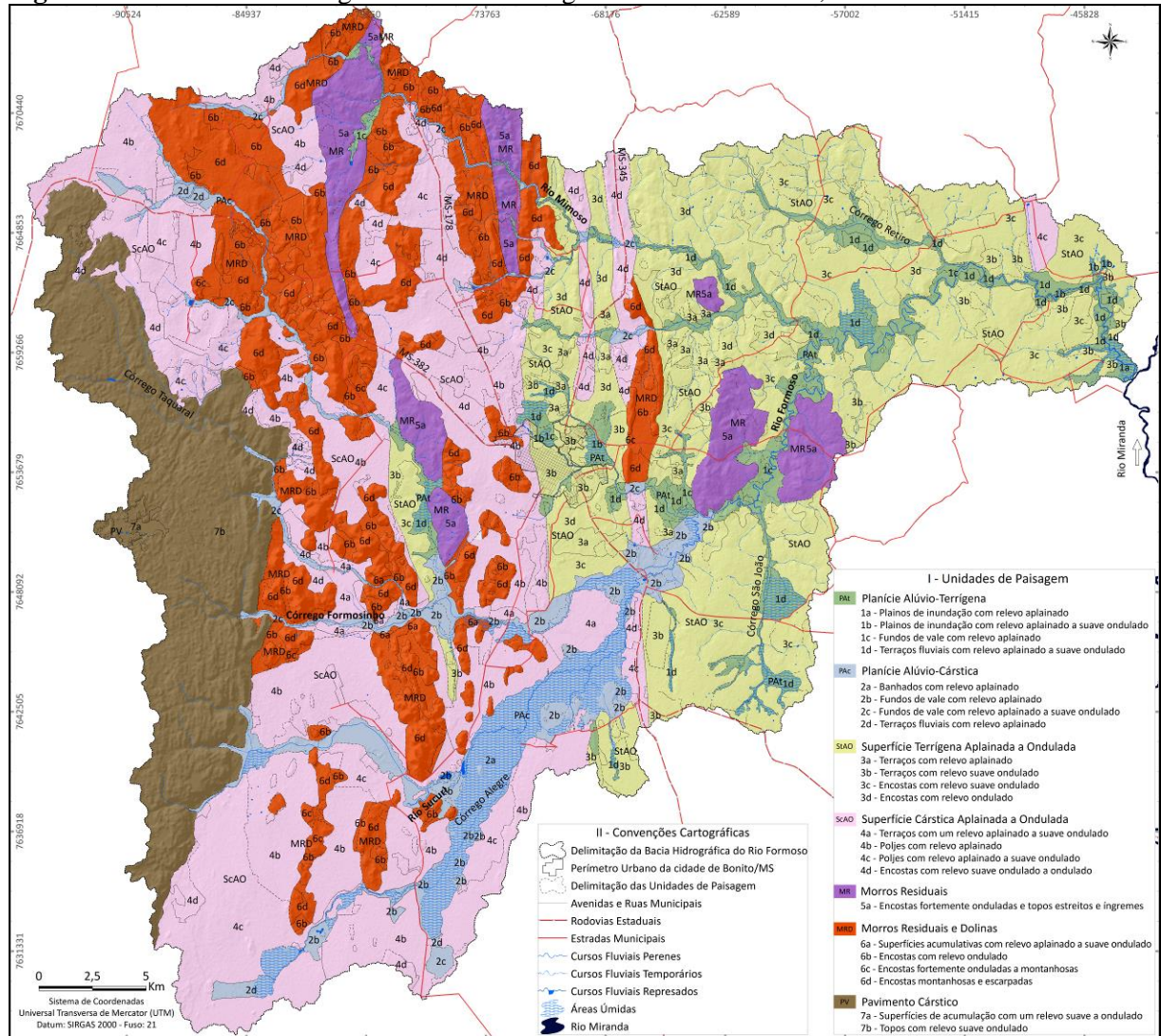
A unidade Planície Alúvio-Terrígena (PA_t) engloba porções territoriais aplainadas a suave ondulado como plainos de inundação, fundos de vale e terraços fluviais sobrepostos em depósitos aluvionares (areia, silte e cascalho), arenitos e outras rochas terrígenas. Essa unidade não atinge acima de 8% de declividade e se vincula aos cursos fluviais, logo, há uma grande predominância de solos saturados em água como o gleissolo, recoberto por vegetações florestais naturais (florestas-galeria, mata atlântica e cerrado típico).

A Planície Alúvio-Cárstica (PA_c) apresenta as mesmas características da primeira unidade no que diz respeito à declividade, entretanto, são terrenos de rochas carbonatadas: calcários e mármore calcíticos e dolomíticos, além da tufas calcárias e travertinos. Nessas áreas existem banhados, fundos de vale e terraços fluviais em que os gleissolos são recobertos por vegetações campestres e florestais em sua predominância, ambas caracterizadas por serem naturais.

A Superfície Terrígena Aplainada a Ondulada (StAO) abrange arenitos e outras rochas terrígenas que propiciaram o desenvolvimento de terraços com relevo aplainado a suave ondulado e encostas (vertentes) de relevo ondulado próximos aos divisores de águas da bacia e de suas sub-bacias. Por serem superfícies de erosão, é predominante solos profundos e bem drenados como o latossolo, entretanto, há pequenas porções territoriais em que se encontram solos rasos e pedregosos como o neossolo, especialmente próximo aos divisores de

água de algumas sub-bacias da região leste da bacia Seus declives atingem de 0,0 a 20,0% que originaram a implantação de pastagens com algumas manchas esparsas de vegetação florestal.

Figura 5 - Unidades de Paisagem da Bacia Hidrográfica do rio Formoso, Bonito/MS.



Fonte: Autor (2021)

A Superfície Cárstica Aplainada a Ondulada (ScAO) está ligada aos calcários e mármores calcíticos e dolomíticos, originando vertentes suave onduladas a onduladas caracterizadas pelos chamados poljes (depressões cársticas derivadas da dissolução das rochas) em que há extensas lavouras de soja em solos férteis, como o chernossolo. Por outro lado, ainda existem terraços aplainados a suaves ondulados compostos de tufas calcárias e travertinos em que o gleissolo é predominante e as vegetações florestais ganham destaque.

Em toda essa unidade os declives variam de 0,0 a 20,0% em rampas de comprimento elevado, que é característico das áreas de poljes.

A unidade Morros Residuais (MR) abrange rochas terrígenas como arenitos e outras rochas pelíticas, psamíticas e conglomeráticas, as que propiciaram o desenvolvimento de vertentes íngremes com encostas fortemente onduladas, escarpadas e topos estreitos e íngremes. A irregularidade da topográfica atinge uma declividade de até 75%, com vales encaixados e planícies restritas, até por tais motivos que seus solos abarcam desde latossolos até neossolo e chernossolo, com uma predominância das vegetações florestais, em que se destacam enclaves de Mata Atlântica.

A unidade Morros Residuais e Dolinas (MRD) se desenvolvem sobre calcários e mármores calcíticos e dolomíticos, englobando encostas onduladas, fortemente onduladas, montanhosas e escarpadas, de 3,0 a mais de 75% de declividade. Predominam os latossolos, nitossolos e chernossolos com vegetações florestais e alguns locais com pastagens. É uma unidade totalmente distinta das demais presentes na bacia, pois apresentam diversas feições endocársticas e exocársticas como dolinas, abismos, cavernas, grutas, dutos, caminhos e lagos subterrâneos, sendo várias destas feições utilizadas para atrativos vinculados ao turismo de natureza.

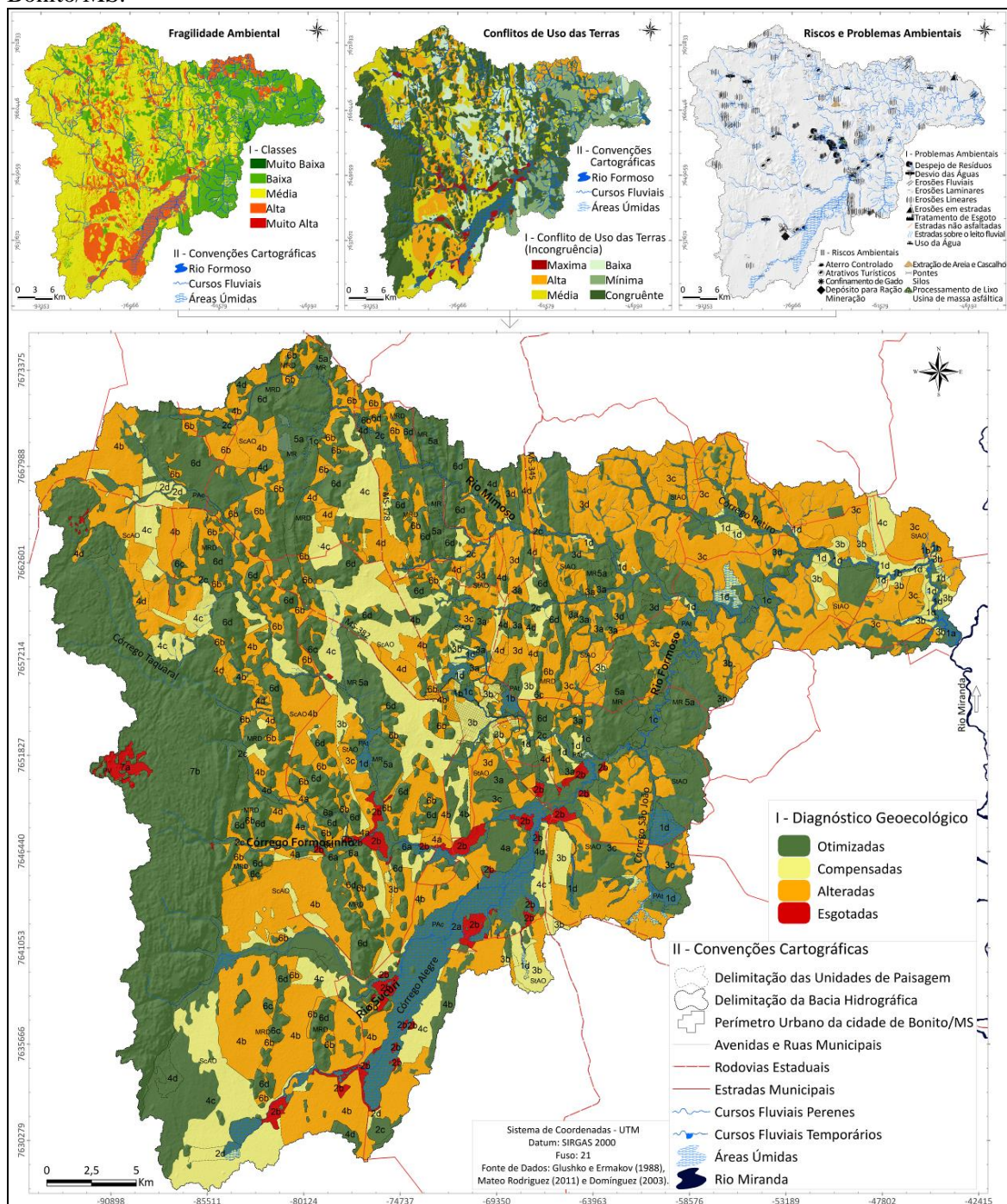
Por último encontra-se a unidade Pavimento Cárstico (PV) que compreende a Serra da Bodoquena, com rochas calcários nas quais prevalecem os planos de estratificação horizontal. É a unidade com maior homogeneidade dos componentes da paisagem, pois toda sua extensão engloba chernossolos com vegetações florestais, destacando apenas uma pequena mancha de pastagens na borda ocidental da Serra da Bodoquena. Todas estas alcançam valores de declividade acima de 75%, entretanto, nos topos arredondados e nas planícies restritas, podem alcançar valores 0,0 a 3,0% de declive. Esse mosaico constituinte da Serra da Bodoquena atua auxiliando na fundamental proteção desta área cárstica e um verdadeiro reservatório subterrâneo das águas que abastecem a bacia.

Em geral as paisagens da bacia apresentam uma grande diversidade associadas às variadas rochas e relevo a constituem, o que permite o desenvolvimento de solos variados e uma vegetação natural, além de um uso antrópico heterogêneo das terras.

O diagnóstico das paisagem da bacia foi realizado tomando em conta: a fragilidade ambiental obtida por meio dos componentes ambientais e geoecológicos (rochas, clima, relevo, solos e uso e cobertura das terras); os conflitos ou incongruências no uso das terras, obtido mediante a relação entre o uso potencial e uso e cobertura atual das terras em cada uma

das unidades de paisagem; e os problemas e riscos ambientais, que foram obtidos mediante a consulta de informações disponíveis e trabalhos de campo realizados ao longo da bacia (Figura 6).

Figura 6 - Diagnóstico Geocológico das paisagens da Bacia Hidrográfica do rio Formoso, Bonito/MS.



Fonte: Autor (2021)

As *Paisagens Otimizadas* são formadas predominantemente por vegetações florestais, e essa estabilidade passa justamente pela vegetação atuar de forma positiva nesse

equilíbrio, em que os processos geocológicos naturais conservam a estrutura original, fazendo com que as paisagens tenham uma ou mais funções socioeconômicas, compatíveis com sua capacidade de assimilá-las. A abrangência de 513,94 km², ou 38,80% do total da bacia em questão é um alento diante da pequena ou nula influência antrópica nos morros residuais, Serra da Bodoquena e áreas próximas aos cursos fluviais e áreas úmidas como o banhado do rio Formoso, todos estes, são áreas em que os chernossolos e gleissolos são predominantes; e mesmo diante dessa preservação existem algumas erosões e outros problemas ambientais em pequenas quantidades, todos derivados de suas áreas lindeiras antropizadas.

As *Paisagens Compensadas* são aquelas com altos níveis de sensibilidade geocológica, mas o uso das terras ainda está equilibrado com seu potencial ou até abaixo dele. O fato de ocuparem 197,48 km² ou 14,91% da bacia trazem consigo uma preocupação para o médio e baixo curso, pois apesar da paisagem ainda cumprir com suas funções geocológicas, não são paisagens isentas de problemas ambientais, sobretudo pela falta de manejo das terras nas pastagens, fragilidades médias e áreas de latossolo e nitossolo, que podem, a médio e longo prazo, elevarem as instabilidades dessas unidades.

As *Paisagens Alteradas* (594,85 km² ou 43,90% da bacia) apresentam um grau de preocupação maior com as funções geocológicas, pois exibem fortes mudanças na estrutura espacial e funcional, podendo não cumprir com suas funções e serviços de forma adequada. Essas áreas abrangeram as extensas culturas de soja em rochas carbonatadas e em chernossolos (fértil e frágil) do alto e médio curso. Suas paisagens estão com um uso sobredimensionadoo potencial que a paisagem suporta sem alterar suas funções, o que debilita as relações internas entre seus componentes. Por mais que ainda sejam áreas produtivas, a sobre-exploração dos recursos se traduz na diminuição de seu potencial biológico e produtivo, o que causa intensos processos de degradação.




As *Paisagens Esgotadas* (18,40 km² ou 1,39% da bacia) são aquelas em que a sensibilidade geocológica é elevada e o regime de exploração sobrepassa as limitações que impõe o potencial, havendo uma alteração da estrutura espacial e funcional com eliminação paulatina das suas funções geocológicas. Apresentam alguns problemas preocupantes como erosões lineares, laminares e princípios de ravinamentos, e apesar de não apresentar grandes abrangências na bacia, sua localização é o fator principal de preocupação, pois estão localizadas no: extremo oeste da Serra da Bodoquena (pastagens), que apresenta conflitos legais pois se trata de um Parque Nacional, em que a preservação é princípio básico; e nas

margens dos banhados (culturas), que são setores que exibem grandes problemas ambientais relacionados ao uso intensivo em áreas de planícies aluviais cársticas e frágeis. De tal modo, essas paisagens necessitam, assim, de medidas mitigadoras urgentes para restaurar seu valor geoecológico.


Diante disso, percebe-se que apesar da bacia possuir cerca de 40% de suas paisagens cumprindo com suas funções geoecológicas, constata-se que boa parte destas estão situadas na Serra da Bodoquena, enquanto que o restante do médio e baixo curso apresenta extensas paisagens compensadas, alteradas e esgotadas, sobretudo com as lavouras de soja e pastagens, favorecendo um uso, em alguns casos, acima do potencial geoecológico das paisagens, e com uma forte inclinação à ampliação das áreas de lavouras nas paisagens cársticas. Isso expõe um panorama vivenciado pela bacia que contradiz o que se prega em Bonito a respeito da conservação e preservação dos recursos naturais.

O diagnóstico realizado permitiu estabelecer uma série de propostas que possibilitaram, tomando em conta as características das paisagens e os principais riscos e problemas ambientais que ocorrem nessas diferentes unidades delimitadas e cartografadas, melhorar a situação geral da bacia e avançar para o desenvolvimento sustentável da mesma (Figura 7).

Figura 7 - Síntese do diagnóstico e propostas de melhoria para as paisagens da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito/MS

Diagnóstico Geoecológico	Unidades de Paisagem	Funcionamento Geoecológico	Características dos Componentes da Paisagem	Riscos e Problemas Geoecológicos	Propostas Gerais
 <p>Paisagens Otimizadas</p>	1a 1b 1c 2a 2c 3a 5a 6a 6c 6d 7b	As Paisagens Otimizadas são aquelas cuja estabilidade geoecológica é alta e receberam uma ou mais funções socioeconômicas, compatíveis com sua capacidade de assimilá-las. Incluem aquelas paisagens nas quais a atividade humana promoveu medidas de reabilitação e/ou conservação, para aumentar sua capacidade de produção e reprodução de recursos naturais.	Estão localizadas em todas as regiões da bacia, sempre áreas naturais que englobaram 513,94 km ² ou 38,8% do total, próximas aos cursos fluviais e áreas úmidas como o banhado do rio Formoso em que o gleissolo é predominante. Mostra-se necessária e ininterrupta preservação, pois auxilia na infiltração das águas no solo e abastece o banhado sobretudo em épocas de estiagem. São ainda encontradas nas áreas mais dissecadas dos morros residuais do alto e médio curso e pavimento cárstico da Serra da Bodoquena no alto curso, locais em que os Chernossolos e Gleissolos são reinantes.	São áreas sem qualquer tipo de conflito das terras, visto que apresentam vegetação florestal. Com isso, os riscos ambientais se limitam aos atrativos turísticos que utilizam as planícies e águas dos rios cênicos para suas atividades. Enquanto que, mesmo com vegetação adensada e de porte elevado, há problemas que se vinculam às erosões, sobretudo advindas de estradas mal manejadas, ainda cita-se outros pontos como a estação de tratamento de esgoto, desvio de águas dos rios para açudes e vários pontos de despejo de resíduos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção dos remanescentes florestais; • Priorizar ações de educação ambiental nos atrativos turísticos; • Construção de pontes que perpassam os cursos fluviais tomando em conta o regime fluvial; • Realizar o monitoramento da qualidade das águas superficiais; • Tratamento intensivo dos rejeitos da Estação de Tratamento de Esgoto; • Indispensável a preservação das áreas de carste e das tufas calcárias.
 <p>Paisagens Compensadas</p>	1d 2d 3b	As Paisagens Compensadas são aquelas com altos níveis de sensibilidade geoecológica, mas o uso das terras ainda está equilibrado com seu potencial ou até abaixo do mesmo. Apesar de já possuir modificações antrópicas, a estrutura vertical e horizontal das paisagens continua cumprindo suas funções e serviços geoecológicos.	Essas paisagens ocuparam 197,48 km ² ou 14,91% da bacia, isso corresponde às áreas com fragilidade média em que as pastagens são destaque, sobretudo em latossolos e nitossolos, que são bem drenados e profundos, portanto, apresentam incongruências médias e baixas, havendo um equilíbrio e ainda cumprindo com as funções geoecológicas.	São áreas com poucos riscos ambientais, que se limitam apenas a uma usina de processamento de lixo e silos para depósito de grãos (soja). Cenário que não se difere dos problemas encontrados, apenas se destacando erosões laminares e fluviais derivados de estradas e pastagens mal manejadas.	<ul style="list-style-type: none"> • Podem até serem utilizadas seguindo seu potencial, mas devem apresentar manejos com curvas de nível, além de rotacionar os animais por meio de piquetes, potencializando a pastagem e favorecendo uma maior proteção ao solo; • Nas erosões, necessita-se da inserção de vegetação, deixando-as em pousio, recuperando seu valor geoecológico; • Controle e fiscalização no despejo de resíduos sólidos.
 <p>Paisagens Alteradas</p>	3c 3d 4a 4b 4c 4d 6b	Paisagens cuja o uso atual está sobredimensionado devido à ausência de capacidade adequada para assimilá-los. Essas paisagens têm produzido alterações na estrutura e mudanças substanciais no funcionamento, debilitando as relações internas entre seus componentes. A sobre-exploração dos recursos se traduz na diminuição de seu potencial produtivo (incluindo a produtividade biológica) e o desenvolvimento de processos intensos de degradação, manifestados nos solos e regime hídrico	São preocupantes, pois apesar de cumprir com algumas funções geoecológicas, sobretudo a produção agrícola e pecuária, apresentam inúmeros riscos e problemas ambientais e são locais, apontados por Silva (2015), Ribeiro (2018), Brugnolli, Berezuk e Pinto (2019) e Brugnolli et al. (2020), como causadores dos recorrentes turvamentos dos cursos fluviais, principal impacto ambiental negativo que a bacia vem padecendo desde o início do século XXI, impactando no arcabouço ambiental, social e econômico do município (ligada efetivamente ao turismo nas águas translúcidas dos rios). 594,85 km ² ou 43,90% da bacia.	Paisagens que passam por diversos riscos ambientais, desde atrativos turísticos, até uma usina de produção de massa asfáltica e uma extração de areia e cascalho. Paralelamente, são paisagens completamente alteradas pelas ações antrópicas, com destaque para a agropecuária (soja e pastagens). Há extensas e numerosas erosões laminares, lineares (sulcos e ravinações) e fluviais, além de vários locais com despejo de resíduos sólidos, fazendo com que a funcionalidade da paisagem apresente graves problemas geoecológicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Culturas carecem de manejos como o plantio direto, o que minimizaria que águas pluviais atinjam diretamente o solo; • Colheita intercalada, evitando-se grandes áreas de solo exposto nas épocas chuvosas; • Controle no uso de agroquímicos; • Necessidade de curvas de nível e bacias de contenção; • Nas erosões, necessita-se da inserção de vegetação, deixando-as em pousio, recuperando seu valor geoecológico; • O carste necessita de um monitoramento à instabilidades nos terrenos.

Paisagem e gestão de recursos hídricos: um diagnóstico das Bacias Hidrográficas do Rio Paranapanema (SP-PR) e Rio Formoso (MS), Brasil
 Eduardo Salinas Chávez; Leticia Roberta A. Trombeta; Rafael Brugnolli Medeiros

<p>Paisagens Esgotadas</p> 	<p>3c 3d 4a 4b 4c 4d 6b</p>	<p>As Paisagens Esgotadas são aquelas em que a sensibilidade geocológica é elevada e o regime de exploração sobrepõe as limitações que impõe o potencial. As funções socioeconômicas atribuídas são completamente distintas das possibilidades da paisagem em oferecer uma resposta produtiva prolongada.</p>	<p>Essas áreas abrangem 18,40 km² ou 1,39% da bacia, por mais que não sejam extensas porções territoriais, o que se mostra ainda mais inquietante é sua localização. Além das áreas de pastagens já citadas do extremo oeste da Serra da Bodoquena, abrangeram depósitos fluviais recentes, naturalmente erodidos e extremamente frágeis, próximos ao banhado do rio Formoso, um dos setores que exhibe grandes problemas ambientais relacionados ao uso intensivo em áreas de planícies aluviais cársticas e frágeis.</p>	<p>Paisagens completamente alteradas pelas ações antrópicas, com muitas erosões laminares, lineares (sulcos e ravinamentos) e fluviais, além de incompatibilidades legais em vários locais.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Por estarem em ambientes naturalmente sensíveis e complexos como o carste, as propostas partem da alteração total de seus usos atuais; • Restaurar seu alto valor geocológico mediante a recomposição da vegetação florestal, proporcionando a conservação das tufas calcárias e afloramentos rochosos. • Necessidade do monitoramento da qualidade das águas cênicas que podem alcançar aspectos positivos com práticas de remediação e conservação do solo e do carste.
---	---	---	---	---	---

Fonte: Elaboração própria

Conclusões

Nas últimas décadas, o reconhecimento do papel das bacias hidrográficas como unidade de planejamento e gestão ambiental tem se consolidado em todo o mundo, o que exige cada vez mais uma concepção integradora que permita a análise da relação entre natureza e sociedade no marco territorial dessas bacias, para a qual a abordagem integradora das paisagens pode e deve contribuir de forma destacada.

As possibilidades oferecidas por esta concepção holística e sistêmica, baseada na cartografia das unidades de paisagem, juntamente com o emprego dos Sistemas de Informação Geográfica e outras tecnologias inovadoras, permitiram analisar e diagnosticar os fenômenos e processos que ocorrem nas bacias hidrográficas no âmbito da sustentabilidade ambiental.

Salvaguardar as paisagens e, conseqüentemente, os recursos hídricos é passo primordial para alcançar essa sustentabilidade, sendo um dos maiores debates na esfera ambiental que temos atualmente. Com esse foco, esse trabalho desenvolvido possibilitou, salvo as devidas distinções entre elas, demonstrar as possibilidades desta concepção integradora com base em dois estudos de caso, permitindo com isso, a tomada de decisão.

O primeiro estudo de caso, referente à bacia do rio Paranapanema, nos apresenta um território geograficamente diverso, com grande extensão, alta população e uma modificação de vários séculos de suas paisagens naturais, que tem sido substituídas por paisagens altamente modificadas pela ação humana associada a uma economia baseada no agronegócio e na exploração irracional dos recursos naturais, especialmente a água e os solos, que necessitam de tomada de decisões rápidas e adequadas para manter a produtividade dos mesmos. A conservação dos escassos, mas importantes valores naturais que ainda possuem e a redução da pressão que agora existe sobre a água e o solo, buscando formas alternativas de uso da terra que permitam o desenvolvimento sustentável para as gerações futuras que a habitam.

O segundo caso, a bacia do rio Formoso, é um território menos extenso, mas com uma grande diversidade geográfica associada à presença de um relevo cárstico, com uma população menor e uma assimilação econômica mais recente, onde a atividade agrícola e pecuária são combinadas com a conservação e o turismo de natureza. Um cenário dúbio que, se por um lado temos uma bacia que tem sido submetida nas últimas décadas a um complexo

processo de crescimento do agronegócio e exploração intensiva de seus solos, do outro lado, tais fatos deixam em evidência a necessidade do estabelecimento de políticas para o uso adequado de seus recursos naturais, com vistas a promover a conservação dos espaços naturais ainda existentes e a qualidade das águas que sustentam a atração da bacia como destino para o turismo de natureza em nível internacional.

Ambos os territórios, com mais diferenças naturais que semelhanças, apresentam um modelo de exploração capitalista insustentável de seus recursos naturais, o que é demonstrado no diagnóstico das paisagens que aqui apresentamos, com metodologias e com uma multiplicidade de critérios distintos, mas as duas ligadas à cartografia de paisagem pelo viés da gestão de recursos hídricos, o que favoreceu entender que ambas requerem medidas urgentes para sua recuperação e conservação a médio e longo prazo.

NOTAS

¹ “un sistema espacio-temporal complejo y abierto que se origina y evoluciona en la interface naturaleza-sociedad, compuesto por elementos naturales y antrópicos, que se expresan en una estructura, funcionamiento, dinámica y evolución propias, que le confieren integridad y límites espaciales, constituyendo una asociación de elementos y fenómenos en constante y compleja interacción, movimiento e intercambio de energía, materia e información” (SALINAS *et al.*; 2019, p.14).

² “La determinación de las condiciones de los paisajes para cumplir con eficiencia las funciones sociales para las cuales son requeridos, tomando en cuenta, sus características geológicas, la eficiencia actual de estos (relación uso potencial/uso actual), la presión e impacto que dichas actividades actuales o futuras pueden ocasionar sobre los paisajes, así como los riesgos naturales y antrópicos de los usos actuales y futuros sobre estos, con la intención de lograr la utilización adecuada de los paisajes (*utilization suitability*) y la disponibilidad espacial de los recursos (*availability or disposability spatial*) (HAASE, HAASE, 2002, p. 120-121, traduzido e modificado por SALINAS, 2021).

REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas; CBH-Paranapanema, Comitê da Bacia Hidrográfica Rio Paranapanema. **Plano Integrado de Recursos Hídricos da Unidade de Gestão de Recursos Hídricos Paranapanema**. ANA e CBH-Paranapanema, 2016.

BAEV, P. V.; LYUBOMIR, D. P. BIODIV ver. 5.1, PENSOFT, Exeter Software, 1995.

BASTIAN, O.; KRONERT, R.; LIPSKY, Z. Landscape diagnosis on diferente space and time scales – a challenge for landscape planning. **Landscape Ecology**, v. 21, p. 359-374, 2006.

BASTOS, J. S. **A Dinâmica da Paisagem da Bacia do Rio Bananal, no Vale do Paraíba do Sul**: Contribuição para a Construção da Paisagem Sustentável. 2007. Tese (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. dos. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. v. 1. Florianópolis: Editora. UFSC, 1994.

BOIN, M. N.; PRADO, L. Geoecologia da paisagem do Pontal do Paranapanema/SP: o olhar geográfico da paisagem ao longo do século XX, **Entre-Lugar**, Dourados, v. 6, n. 12, p. 189-207. 2016.

BOLLO, M.; VELASCO, W. E. El Estado del Medio Ambiente en Michoacán de Ocampo. México. **Cuadernos Geográficos**, Granada, v. 57, n. 3, p. 118-139, 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional Dos Recursos Hídricos. Brasília, DF: 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 03 mar.2018.

BRITO, K.; AMORIN, R. R.; CALASANS, N. A. A representação dos geossistemas com ênfase no estudo dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Cachoeira, Brasil, **Caminhos de Geografia**, Rio Claro, v. 19, n. 67, p. 54–67. 2018.

BRUGNOLLI, R. B. **Zoneamento ambiental para o sistema cárstico da bacia hidrográfica do rio Formoso, Mato Grosso do Sul**. 2020. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Grande Dourados, Dourados. 2020.

BRUGNOLLI, R. B.; BEREZUK, A. G.; PINTO, A. G.; BOIN, M. N.; ALVES, L. B. O carste e a qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Sucuri, Bonito/MS. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 30, n. 61, p. 499-514, 2020.

BRUGNOLLI, R. M.; BEREZUK, A. G.; PINTO, A. L. Qualidade e enquadramento das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Mimoso, Bonito/MS. **Revista Ciência Geográfica**, Bauru, v. 28, p. 184-195, 2019.

CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil, **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. especial, n. 36, p. 26-43. 2014.

CHAPLE, M. C; MATEO, J. M. **Metodologia de Planejamento da Paisagem**. In: Relatório Científico para a FAPESP. Presidente Prudente, 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CORRÊA, G.; PIMENTEL, M. A. da SILVA. A nova perspectiva de Geossistema, proposta por Bertrand, aplicada a bacia hidrográfica do rio Mocajuba-Nordeste Paraense. **Boletim Campineiro de Geografia**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 381-398. 2015.

COTLER, H.; PRIEGO, A. **El análisis del paisaje como base para el Manejo Integrado de cuencas**: el caso de la cuenca Lerma-Chapala, In: COTLER, H. (org.). El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental, 2. ed. México: INE-SEMARNAT, p. 79-89. 2007.

DANILO, M.; CAMARGO, F. H.; VIDAL, F. H.; COSTA, M. C. **Bacias hidrográficas**: uma análise crítica da gestão de recursos hídricos. In: RISK, M. C.; DI MAURO, C. A.;

ARAUJO, R. R. de. Instrumentos de gestão em recursos hídricos: experiências em bacias hidrográficas, Primeira Edición, Tupá: ANAP, p. 13-26. 2019.

DAS NEVES, C. E.; MACHADO, G. Metodologia geossistêmica e o uso da bacia hidrográfica enquanto táxon de análise. X ENANPEGE: Geografias, Políticas Públicas e Dinâmicas Territoriais, **Anais [...]**, Campinas, p. 2151-2163. 2013.

DRAKE, K.; HOGAN, M. **Watershed management guidebook: a guide to outcome-based watershed management**. EUA: Integrated Environmental Restoration Services, 2013.

FÁVERO, O. A.; NUCCI, J. C. DE BIASI, M. Delimitação de unidades de paisagem como subsídio ao planejamento da bacia hidrográfica do rio Sorocaba/SP. XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, **Anais [...]**, Natal, p. 510-527. 2007.

FEITOSA, T. B.; ARAUJO FILHO, R. N.; IOST, C. Diagnóstico geoambiental como ferramenta no planejamento e gestão dos recursos hídricos da sub-bacia do rio Lontra – TO, **Revista Geonorte**, v.12, n.39, p.185-201, 2021.

FERREIRA N. H.; FERREIRA, C. A. B. V.; CACCIA GOUVEIA, I. C.; PIROLI, E. L. **O uso do mapa de fragilidade ambiental como ferramenta de auxílio ao adequado ordenamento territorial em bacias hidrográficas**. In: AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; BENINI, S. M.; FOLONI, F. M. (orgs.). *Análise ambiental: abordagem interdisciplinar aplicada aos recursos hídricos*, 1 ed. – Tupã: ANAP, p. 11-24. 2018.

FROLOVA, M. El estudio de los paisajes del agua en una cuenca vertiente: Propuesta metodológica, **Revista de Estudios Regionales**, n. 83, p. 21-47. 2008.

GAGARINOVA, O. V.; KOVALCHUK, O. A. Assessment of anthropogenic impacts on landscape hydrological complexes. **Geography and Natural Resources**, v. 3, p. 291-311. 2010.

GARCIA-RIVERO, A.; MIRAVET, B. L.; SALINAS, E.; DOMINGUEZ A. Z. A cartografia das paisagens com sistemas de informação geográfica como base para o diagnóstico geoecológico da bacia hidrográfica do rio Ariguanabo (Cuba), **Revista da ANPEGE**, v.15, n.27, p. 169-194. 2019.

GILLIESON, D.; THURGATE, M. Karst and agriculture in Australia. **International Journal of Speleology**, Bolonha, v. 28, p.149-168, 1999.

GLUSHKO, B. V.; ERMAKOV, Y. V. Evaluación geoecológica del impacto antropogénico sobre los paisajes contemporáneos a partir de sensores remotos, **Naturaleza y Recursos**, v. 2, n. 4, p. 32-44.1988.

HAASE, D.; HAASE, G. **Approaches and methods of landscape diagnosis**. In: BASTIAN, O.; STEINHARDT, U. (eds.). *Development and Perspectives of Landscape Ecology*, Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, p. 113–122. 2002.

HAASE, G. Approaches to, and methods of landscape diagnosis as a basis of landscape planning and landscape management. **Ekológia**, Bratislava, v. 9, p. 11–29. 1990.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010.

KOHLER, H. C. Geomorfologia Cárstica, In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**, 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

LA O, J. A.; SALINAS, E.; LICEA, J. E. Aplicación del diagnóstico geocológico del paisaje en la gestión del turismo litoral. Caso Destino Turístico Litoral Norte de Holguín, Cuba. **Investigaciones Turísticas**, v. 3, p. 1-18. 2012.

LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos, **Entre-Lugar**, Dourados, v. 3, n. 6, p. 65-84. 2012.

LINGNER, E.; CARL, F. E. Über die ForschungsarbeitLandschaftsdiagnose der DDR. **Stadt- und Siedlungswesen**, p. 211–220, 1955.

MACHADO, A. An index of naturalness, **Journal for Nature Conservation**, v. 12, p. 95-110. 2004.

MACHADO, G. **Por uma territorialização da bacia hidrográfica**, In: SAQUET, M. A. (org.). Estudos territoriais na ciência geográfica. São Paulo: Outras Expressões, p.107–128. 2013.

MANNSFELD, K. Landschafts Diagnoseals Beitrag zur Charakteristik des Landschaftswandels. Sitzungsberichte der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. **Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse**, v. 117, p. 57–70, 1985.

MATEO, J. M. **Geografía de los Paisajes, Primera Parte, Paisajes Naturales**. Havana: Editorial Universitaria Félix Varela. 2011.

MATEO, J. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica**, 3 ed. Fortaleza: Edições UFC. 2018.

MATEO, J. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 5. ed. Fortaleza: Editora UFC, 2017.

MATEO, J. M.; SILVA, E. V. da; LEAL, A. C. **Planejamento ambiental em bacias hidrográficas**. In: SILVA, E. V. da; MATEO, J. M.; MEIRELES, A. J. (orgs.). Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas, Fortaleza: Edições UFC, p. 29-48. 2011

MIRANDA, L. C. **Diagnóstico geocológico como subsídio ao planejamento ambiental na Ilha do Príncipe – São Tomé e Príncipe – África**. 2013. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Ceará, 2013.

MIRAVET, B. L.; GARCÍA, A. E.; SALINAS, E.; CRUAÑAS, E.; REMOND, R. Diagnóstico Geocológico de los paisajes de la cuenca hidrográfica Ariguanabo, Artemisa, Cuba, **Ciencias de la Tierra y el Espacio**, v. 15, n. 1, p. 53-66. 2014.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, Isabel Cristina; LEAL, Antonio Cezar; TROMBETA, Leticia Roberta; NUNES, Rafael da Silva; STOQUI, Vinícius Bonafin. Contribuição ao planejamento

de recursos hídricos em bacia hidrográfica: geomorfologia e fragilidade geoambiental da UGRH Paranapanema. **Revista do Departamento de Geografia - USP**, v. 27, 2014, p. 21-46.

OLIVEIRA DE SOUZA, J. C. Análise geossistêmica na bacia hidrográfica do rio São Miguel, Alagoas: estudo e interpretação de paisagens hidrogeomorfológicas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 880-890. 2014.

PNUMA, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE. **Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO4, medio ambiente para el desarrollo**. Dinamarca: Phoenix Design Aid. 2007.

PRAÇA DE SOUZA, J. O. Dos Sistemas Ambientais ao Sistema fluvial – uma revisão de conceitos, **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 46, p. 224–233. 2013.

PRIEGO-SANTANDER, A. G. **Relación entre la Heterogeneidad Geocológica y la Biodiversidad en Ecosistemas Costeros Tropicales**. 2004. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Ecología A.C., Veracruz, 2004.

RAMÓN, A. M.; SALINAS, E.; ACEVEDO, P. **Modelo de Ordenamiento Ambiental desde la perspectiva del paisaje: Una propuesta para la cuenca alta del rio Cauto**. Saarbrücken: Editorial Academia Española, 2012.

RIBEIRO, A. F. do N. Que Bonito é esse? Disputas territoriais em terras do agro-eco-turismo. **Entre-Lugar**, Dourados, v. 9, n. 18, p. 37-67, 2018.

ROMANINI, E.; TERUMI, A.; dos SANTOS, J. E. An Approach to Environmental Planning and Sustainable Management of Watersheds and Municipalities in Southeastern Brazil. **Open Journal of Ecology**, 6, p. 667-685. 2016.

ROSS, J. L. S.; DEL PRETTE, M. E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 12, p. 89-121. 1998.

RUIZ, J. D.; REMOND, R.; DELGADO, J. J.; CORTÉS, R.; SALINAS, E.; FERNÁNDEZ, J. M.; ACEVEDO, P. Estudio Geoambiental de la cuenca de Guanabo. Aproximación a la problemática del agua, **Baetica**, v. 32, p. 89-126, 2010.

SAATY, T. **The Analytic Hierarchy Process. Decision Making**. Pittsburg: Univ. Pittsburg Press, 1988.

SALINAS, E.; GARCÍA, A. E.; MIRAVET, B. L.; REMOND, R.; CRUAÑAS, E. Delimitación, clasificación y cartografía de los paisajes de la cuenca Ariguanabo, Cuba, mediante el uso de los SIG. **Revista Geográfica del IPGH**, 154, 9-30. 2013.

SALINAS, E.; MATEO, J. M.; CAVALCANTI, L. C. S.; BRAZ, A. Cartografía de los Paisajes: Teoría y aplicación, **Physis Terrae**, v. 1, n. 1, p. 7-29. 2019

SALINAS, E.; RAMÓN, A. Propuesta metodológica de la delimitación semiautomatizada de unidades de paisaje de nivel local. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 25, p. 1-29, 2013.

SALINAS, E.; TROMBETA, L. R.; LEAL, A. C. **Estudo da Paisagem aplicado ao Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas**. In: FIGUEIRÓ, A. S.; DI MAURO, C. A. (orgs.). Governança da água: das políticas públicas à gestão de conflitos, Campina Grande: EPTE, p. 49-63. 2020.

SILVA, E. V. da; MATEO, J. M. Planejamento e zoneamento de bacias hidrográficas: a geocologia das paisagens como subsídio para uma gestão integrada, **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 36, v. especial, p. 4-17. 2014.

SILVA, P. V. da. **A Importância da água para a percepção turística na bacia do rio Formoso em Bonito-MS**. 2015. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2015.

TONIAL, T. M.; MISSIO, E.; SANTOS, J. E.; HENKE-OLIVEIRA, C.; HOLZSCHUH, M. L.; ZANG, N. Diagnóstico ambiental de unidades da paisagem da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul no período de 1984 a 1999. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 57, n. 3, p. 213-225, 2005.

TRAVASSOS, L. E. P. **Princípios de Carstologia e Geomorfologia Cárstica**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBIO, 2019.

TROMBETA, L. R. A. **Gestão das águas, Planejamento de bacias hidrográficas e Paisagem**: proposta metodológica aplicada na unidade de gestão de recursos hídricos Paranapanema, Brasil. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2019.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos hídricos no Século XXI**. São Paulo: Oficina de textos. 2011.

VAN BEYNEN, P. E.; BRINKMANN, R.; VAN BEYNEN, K. M. A sustainability index for karst environments. **Journal of Cave and Karst Studies**, Huntsville, v. 74, n. 2, p. 221-234, 2012.

VAN BEYNEN, P. E.; VAN BEYNEN, K. M. **Human disturbance of karst environments**. In: VAN BEYNEN (eds.). *Karst Management*. Springer, Dordrecht. p. 379-397. 2011.

WMO. **The Dublin Statement and Report of the Conference**. In: International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century, Dublin, Irlanda, p. 26-31. 1992.

ZAVATTINI, J. A. **Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul**. Geografia, Rio Claro, v. 17, v. 2, p. 65-91, 1992.